

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Вахрушева Владимира Олеговича «Закономерности изменений теплопроводности и оптических свойств многослойных покрытий Ag/TiAlN и $\text{Ag/Al}_2\text{O}_3$ », представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - «Физика конденсированного состояния» и состоявшейся в НИТУ «МИСиС» 25 февраля 2022 года.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 20.12.2021, протокол № 34.

Диссертация выполнена в научном центре металловедения и физики материалов (НЦМФМ) ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина».

Научный руководитель – к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник научного центра металловедения и физики материалов (НЦМФМ) ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» Вайнштейн Дмитрий Львович.

Научный консультант – к.т.н., начальник лаборатории физики поверхности научного центра металловедения и физики материалов (НЦМФМ) ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» Ковалев Анатолий Иванович.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» (протокол № 34 от 20.12.2021) в составе:

1. Мухин Сергей Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической физики и квантовых технологий НИТУ «МИСиС» – председатель комиссии;

2. Панина Лариса Владимировна, доктор физико-математических наук, профессор кафедры технологии материалов электроники НИТУ «МИСиС»;

3. Васильевский Иван Сергеевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Центр радиофотоники и СВЧ-технологий института нанотехнологий в электронике, спинтронике и фотоник, НИЯУ «МИФИ»;

4. Ильичев Эдуард Анатольевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры квантовой физики и нанoeлектроники НИУ «МИЭТ»;

5. Филатов Дмитрий Олегович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории стохастических мультистабильных систем, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского.

В качестве ведущей организации утверждено Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет».

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Определена экспериментально закономерность трансформации электронной структуры нанослоев серебра и диэлектриков при изменении толщины слоёв;
- Определена взаимосвязь трансформаций электронной структуры многослойных покрытий TiAlN/Ag и $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ag}$ с их теплопроводностью и оптическими свойствами;
- Установлена экспериментальная зависимость между энергией возбуждения плазмонного резонанса и шириной полосы поглощения света для многослойных гетероструктур;
- Исследована закономерность влияния переноса свободных электронов из серебра в зону проводимости диэлектриков TiAlN и Al_2O_3 (плазмон-поляритонное взаимодействие) на трансграничный электронный механизм теплообмена;
- Продемонстрировано, что управление объемными и поверхностными плазмонными резонансами в металле позволяет изменять длину волны и интенсивность электромагнитного излучения при его поглощении и отражении;
- Экспериментально определена эволюция электронных и фононных возмущений, возникающих под воздействием внешнего электромагнитного облучения, при изменении толщины слоёв металл-диэлектрического покрытия;
- Продемонстрировано, что изменение решеточной фононной проводимости приводит к изменению теплопроводности исследованной системы;
- Разработана экспериментальная методика определения оптических констант многослойных металлodieлектрических покрытий в наноструктурном состоянии, применяемая для оптимизации архитектуры нанослоев с целью обеспечить заданное окно пропускания видимого света.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- Произведена экспериментальная проверка теоретических механизмов изменения физических свойств металлических и диэлектрических нанослоев, а также их комбинаций в виде слоистых нанопокровтий, в сравнении с объемными характеристиками этих материалов;

- Разработана теоретическая модель оптических спектров возбуждений в наноразмерных структурах на основе численного эксперимента по получению заданных фильтрующих свойств многослойных металлодиэлектрических покрытий по отношению к падающему электромагнитному излучению

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- Установлено, что позиции отсечки ИК и УФ части спектра смещаются по электромагнитному спектру в зависимости от параметров плазмонной системы: толщины и количества слоёв в системе. Конструкция оптических полосовых фильтров должна также учитывать особенности поляритонных возбуждений, возникающих в диэлектрических слоях;

- Теплопроводность многослойных покрытий из нанослоёв серебра и диэлектрика может быть снижена за счет подавления глубины плазмон-поляритонных возбуждений вблизи границы раздела металл-диэлектрик;

- При конструировании оптических покрытий использование компьютерных расчетов, основанных на физических принципах взаимодействия света (электромагнитного излучения) с материалами в «объёмном» состоянии должно быть заменено расчетами учитывающими изменение физических свойств тонкопленочных гетерофазных наноразмерных материалов при переходе в наносостояние.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

По диссертационной работе автором опубликованы 4 работы в изданиях из перечня ВАК и входящих в базы Web of Science и Scopus. Полученные результаты согласуются с данными экспериментальных измерений, известных из доступных литературных источников. Большинство полученных экспериментальных данных количественно и качественно согласуются с теоретическими предсказаниями.

Личный вклад соискателя состоит в:

Соискатель выполнил анализ литературных данных по теме исследования, провёл основную часть экспериментов по электронной спектроскопии (РФС (XPS), СПЭЭВР (HREELS), Оже спектроскопии (AES) и др.) и масс-спектроскопии исследуемых материалов. Соискатель осуществил обработку и анализ полученных экспериментальных данных, произвел установление оптических констант для многослойных гетероструктур

Ag/TiAlN и Ag/Al₂O₃, участвовал в обсуждении и написании публикаций, подготовке докладов и выступлениях на конференциях.

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения степени кандидата наук в НИТУ «МИСиС» соискателем учёной степени не нарушен.

Диссертация Вахрушева Владимира Олеговича соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС», так как в ней установлены закономерности изменений теплопроводности и оптических свойств многослойных покрытий TiAlN/Ag и Al₂O₃/Ag с толщиной металлических слоёв от 20 до 5 нм. Данные результаты открывают принципиально новый класс функциональных покрытий для изделий, применимых в следующих областях: зеркала высокоэнергетических лазеров с теплоотражающими свойствами; термобарьерные покрытия аэрокосмического применения; светопропускающие фильтры с настраиваемым окном пропускания электромагнитного излучения в видимой области спектра.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Вахрушеву Владимиру Олеговичу ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - «Физика конденсированного состояния».

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель Экспертной комиссии



С. И. Мухин

25.02.2022